国立科研机构如何牵引核心技术攻坚体系：国际经验与启示

陈 凤[1,3] 余 江[1,3*] 甘 泉[2] 张 越[1,3]

1 中国科学院科技战略咨询研究院 北京 100190
2 中国科学院 发展规划局 北京 100864
3 中国科学院大学 公共政策与管理学院 北京 100049

摘要 国立科研机构作为国家战略科技力量，在解决事关国家全局和长远发展的重大问题上发挥着极其重要的作用。当前，我国在关键核心技术攻坚过程中面临严峻挑战，为了更高效地发挥中国科学院等国立科研机构在核心技术攻坚体系中的关键牵引作用，文章选取著名的欧洲国立科研机构——比利时微电子研究中心（IMEC），分析、归纳和总结其在战略定位、顶层设计以及攻关体制机制等方面成功的经验并凝练启示。基于此，文章进一步思考在新形势下，我国国立科研机构应如何在核心技术攻坚体系中，探索服务重大技术突破的制度设计与组织机制创新，明确核心平台的战略定位和突破关键共性技术的战略任务，完善对相关知识产权成果的现代化、科学化管理机制，形成强大的吸引力和凝聚力，推动各类创新主体形成基于深度信任的协同合作研发，为全面提升我国核心技术攻坚体系的效能，作出国家战略科技力量应有的贡献。

关键词 国立科研机构，核心技术攻坚，比利时微电子研究中心，国际经验

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.2019.08.010

当前，我国科技发展正面临着复杂严峻的国际外部环境，特别是在核心芯片、基础软件、发动机、数控机床、基础材料及核心装备等战略性科技领域，依然存在着众多“卡脖子”短板的严重制约，并且在近期的国际经贸摩擦中愈演愈烈。可以说关键核心技术受制于人已经成为严重困扰我国经济社会高质量发展的“老大难”问题，并对我国的国家产业安全形成了重大威胁。

党和国家领导对此高度重视，习近平总书记在2018年5月召开的两院院士大会上强调，“实践反复

*通讯作者

资助项目：国家自然科学基金重点项目（71834006），国家自然科学基金应急项目（71941031），中国科学院战略研究与决策支持系统建设专项（GHJ-ZLZX-2019-32-6），国家自然科学基金青年项目（71704173）
修改稿收到日期：2019年8月5日

告诉我们，关键核心技术是要不来、买不来、讨不来的。只有把关键核心技术掌握在自己手中，才能从根本上保障国家经济安全、国防安全和其他安全”[1]。同年 7 月，习近平总书记主持的中央财经委员会第二次会议聚焦如何突破作为国之重器的关键核心技术，强调其对推动我国经济高质量发展、保障国家安全都具有十分重要的意义，要求有关各方必须切实提高我国关键核心技术创新能力，把科技发展主动权牢牢掌握在自己手里。

显然，能否突破和掌握这些“卡脖子”的关键核心技术，对于我国向世界科技强国迈进具有决定性标志意义。但是当前我国在解决关键核心技术“卡脖子”问题过程中仍存在一系列突出问题。例如：科研机构、高校、企业等创新主体间仍存在各类有形无形围墙和栅栏，彼此分割，缺乏基于深度信任的协同与合作；科研工作存在重复投入、简单拼凑和碎片化成果堆砌等。国家核心技术创新攻坚体系的效力和活力仍显不足，高端科技供给能力尚未有效形成。

国立科研机构是一个国家的战略性科研力量，也是知识创造和国家创新体系的主要力量[2,3]。中国科学院等国立科研机构在解决事关国家全局和长远发展的重大问题上，发挥着不可替代的重要作用。在新的形势下，党和国家对中国科学院等国立科研机构提出了新任务、新要求和新期待。面对战略性产业创新链条构建、关键核心技术攻关等国家重大战略需求，以及新一轮科技革命和产业变革带来的机遇，如何优化制度设计，进一步明确国立科研机构战略定位，充分发挥国立科研机构在攻坚体系中的战略引领作用，全面提升核心技术攻坚体系的整体效能，亟须我们认真加强相关的战略研究和政策思考。

关键核心技术具有高研发投入、长研发周期、知识缄默性以及对生态高依赖性[4]，因此决定了各个创新单元必须形成明确的实质性整合协同机制，以分担风险、推动核心技术的成功突破和阶段飞跃[5,6]。我们知道，以美国的国家实验室、德国的弗朗霍夫协会等为代表的欧美科技发达国家的国立科研机构，在突破关键核心技术的体制机制方面拥有成功的经验和做法。本文选取在微电子与纳米领域全球著名的比利时国立科研机构——比利时微电子研究中心（Interuniversity Microelectronics Centre，IMEC）进行深入分析，归纳和总结其在战略定位、顶层设计以及攻关体制机制等方面成功的经验及启示；进一步思考在核心技术攻坚体系中，中国科学院如何牵引产学研深度协同，在实现重大原创性科技突破中发挥战略性引领作用。

1 IMEC简况

作为比利时联邦政府与弗拉芒大区政府共同支持的国立科研机构，IMEC 成立于 1984 年。IMEC 战略定位为纳米电子和数字技术领域全球领先的前瞻性重大创新中心，目前拥有 4 000 多名员工。在过去短短的 30 多年的时间里，IMEC 一直走在全球高技术产业技术创新前沿，形成了一系列从“0 到 1”的原始创新，取得了引人注目的全球影响力，与 IBM 和英特尔（Intel）并称国际高科技界的“3I”①。

目前，IMEC 的核心科研合作伙伴囊括了全球几乎所有顶尖信息技术公司，如英特尔、IBM、德州仪器、应用材料、AMD、索尼、台积电、西门子、三星、爱立信和诺基亚等[7]。IMEC 从 2004 年起，分别和伙伴一起成功研发 45 nm 到 7 nm 的芯片前沿相关技术，同时开发了一系列的创新性器件和系统。特别是，近年来在 IMEC 等研发平台和产业伙伴的支持下，以 ASML 公司为代表的欧洲光刻机产业巨头崛起，并引领全球集成电路工艺技术不断进入新的创新

① IMEC 官网（https://www.imec-int.com）和 IMEC 进展年报，以及课题组实地调研。

“里程碑”。

我国政府十分重视与IMEC科研机构的合作，国家高层领导多次到IMEC鲁汶总部参观，积极推动我国企业与其展开深度的国际合作。2015年我国华为公司、中芯国际和美国高通公司与IMEC在人民大会堂正式启动研发战略联盟，合作研发下一代集成电路工艺。

2 IMEC的体制机制分析

集成电路前沿工艺技术研发耗资巨大而且风险较高，即使是巨型跨国公司有时候也是力不从心。作为国立科研机构，IMEC在集成电路领域创新的崛起与成功，与其独树一帜的制度安排和研发体制设计是分不开的。正是通过成功的制度创新，IMEC与全球合作伙伴形成了在科技前沿攻关的强大内在动力，基于共同目标实现了实质性的紧密协同。

2.1 优化体制设计

IMEC最高决策管理机构——“产学研”结合的董事会。为了保证IMEC的中立性和独立性，并协调政府、大学和产业界公司之间的合作关系，IMEC的董事会采用类似的“产官学”体制：约1/3是产业界代表，1/3是高校教授，还有1/3是政府官员。这保证其研发目标能够基于真实的产业前沿需求，构建面向未来商用的生态，从而持续引导集成电路技术发展。

IMEC明确的战略定位。IMEC将其使命（Mission）定位为：“在微电子技术、纳米技术以及信息系统设计的前沿领域对未来产业需求进行超前3—10年的研发。”IMEC聚焦全球微电子及相关领域的关键共性技术研发，形成以关键前沿技术项目集（program）而不是以单元产品开发为导向的项目（project）的驱动战略。这些项目集可以成为产业技术研发突破核心平台的强大载体。

政府资助和经费分配权。IMEC的诞生、成长和发展离不开比利时联邦及弗拉芒大区政府的共同支持；同时，政府还赋予IMEC一定的经费分配权。例如，将信息领域的年度部分研发经费先拨给IMEC，同时规定这笔经费中的一定比例（约10%以上）必须以合作研发方式转给本地的大学机构。在机制设计上，通过公共资源投入的内在耦合提升不同创新单元之间的协作动力。

2.2 机制创新

IMEC于1991年启动的“产业联盟项目”（Industrial Affiliation Program，IAP）多边合作体系被公认为是在国际微电子界研发合作模式中最成功的一种，已被全球高技术产业界广泛认可。目前，每年IAP项目收入已经占到IMEC总收入的50%以上。这类项目集通常由几十家存在竞争关系的企业参与，形成多学科大团队的协作攻关。IMEC对于每个IAP项目集的建立都倾注大量资源并实施前瞻战略规划：在一个集中聚焦的关键领域建立足够多的可复用和共享的背景知识（background information）产权，包括缄默（tacit）知识，内部研究成果和大量核心专利。每个参加IAP的合作伙伴要向IMEC缴纳入门许可费用（license fee），而且合作研发期原则上不低于3年。通过共同打造可再用的“竞争前战略技术”平台，使得各个合作伙伴通过参与项目集，可以在共性技术平台上持续形成自己的技术产品和竞争力差异化。

IMEC极其重视研发项目集的选定。由IMEC基于对产业前沿的战略愿景研判，广泛征求全球合作伙伴意见，以“领先全球产业技术两代”的标准进行战略布局。以IMEC著名的193 nm深紫外线（DUV）芯片工艺项目集为例，全世界共有30多家单位参加此项目集，其中包括顶尖芯片生产商（如英特尔、AMD、Micron、德州仪器、飞利浦、意法半导体、英飞凌和三星等）、设备供应商（如ASML、TEL、Zeiss等）、基础材料供应商（如Olin、Shipley、JSR、Clariant等）、芯片设计软件供应商（如Mentor Graphics等）以及4个来自美、欧、日的集成电路产业

联盟（SEMATECH、IST、MEDEA、 SELETE）。这些领先产学研机构参与项目集前，都会向IMEC 支付入会费和年费；各类参与的合作伙伴在IMEC的战略研发平台上，可以形成紧密协同和接力研发，很快在芯片核心工艺上取得了重大突破。

2.3 权责清晰的合作规则

有效的攻坚体系必须充分考虑创新参与方的利益诉求，知识产权（IP）是基础研究和技术创新活动的主要产出，也是相关企业巩固其产业地位和获取竞争优势的战略资源。因此必须构建尊重 IP 归属和保护机制，才能够激发创新参与方持续的协同创新动力和投入。

为了更好地贯彻 IAP 各项目集，对于芯片制造商、制造设备商、基础材料供应商、芯片设计公司等不同的研发合作伙伴，IMEC 设计了有针对性的知识产权商业合作模式（图 1），IMEC 对研究成果预期产生的 IP 进行严格分类管理：

Label R_0：IMEC 排他性 IP，合作伙伴加入 IAP 后可通过专利许可获得使用权；

Label R_1：合作伙伴与 IMEC 共享无偿使用；

Label R_1*：合作伙伴与 IMEC 共享，但只能有限使用；

Label R_2：合作伙伴的排他性 IP。

例如，对于芯片代工制造伙伴，IMEC 往往要求拥有相关项目集产生的相关 IP 完全共享权利。而对于相关专业材料供应商，由于业务的特殊敏感性，研发伙伴将拥有相关的化学结构（chemical structure）的排他性拥有，而且 IMEC 将无权单独披露相关信息。

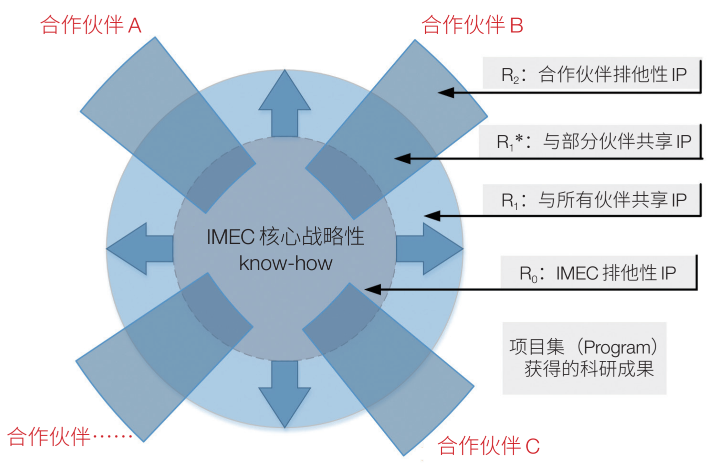


图 1　IMEC 基于知识产权的商业模式分析

IAP partnership（合作伙伴关系）已经成为 IMEC 引领全球微电子产业技术突破创新，攻坚克难的重要合作模式。这种面向“竞争前共性技术研究”合作设计了透明、健全的知识产权规则，其指导思想是成本和风险共担，知识和成果共享，试图避免资源重复、分散投入，确保相关产业伙伴能在产业市场启动或复苏前就做好有竞争性的新技术与新产品的准备工作。而合作伙伴高质量创新贡献的持续投入和核心创新成果的快速获取，一方面促进了参与者创新能力的快速成长，另一方面也进一步提升了 IMEC 对整个产业优势资源的整合能力。

3 结语与启示

一个持续有效的技术创新体系，需要上下联动的顶层制度设计和合作机制。从 IMEC 案例提供的国际经验中可以看出，国立科研机构需将战略性核心平台作为一个核心角色，深度联结产学各方协同攻关重大源头技术，分享前沿突破带来的利益，构建面向产业前沿突破的高效创新生态。

*在体制顶层设计方面，国立科研机构必须进一步明确其核心的战略定位和战略任务。*坚定其在核心技术攻坚体系中的战略平台定位，实现分散资源的高效整合与优化配置，促进松耦合参与者间的开放式聚合与深度对接。在技术选择上，国立科研机构应重点承担突破关键共性技术的主要战略任务，而不应和产业合作伙伴在商用市场上争利，在突破关键核心技术的“主航道”中，形成有效的战略领位和卡位。

*在机制设计方面，国立科研机构要建立对知识产权等成果的现代化、科学化管理机制。*在重大项目实施前，对可能的利益冲突进行研判，并通过透明制度设计进行预先规范；根据产出来源和贡献程度对

关键知识成果的归属进行明确划分，充分考虑各个创新参与方的核心利益关切。国立科研机构要以雄厚知识积累、高水平研发设施和权责清晰的合作规则，对产业研发伙伴形成强大的平台吸引力和凝聚力，激发伙伴的贡献热情和创新潜能，彼此信任而能“并肩前行”，从而有力地推动前沿技术面向商用化持续改进和创新突破，这才使得“风险共担，成果共享”不再成为一句空话。

总之，在错综复杂的外部新形势下，关键核心技术的攻坚需要我们把握大势，坚定攻坚信心，认真思考在科技攻关组织机制创新的经验以及面临的各种新的挑战。中国科学院等国立科研机构应该进一步探索重大技术突破的组织模式创新，树立核心平台思维，战略性牵引各类创新主体形成深度的创新协同和资源整合，从而有效发挥建制化优势，为建设世界科技强国，提升我国核心技术创新体系的整体效能，突破“卡脖子”短板，作出国家战略科技力量应有的贡献。

参考文献

1 习近平. 在中国科学院第十九次院士大会、中国工程院第十四次院士大会上的讲话. 人民日报, 2018-05-29.

2 张志强, 熊永兰, 安培浚. 科技发达国家国立科研机构过去二十年改革发展观察. 中国科学院院刊, 2015, 30(4): 517-526.

3 曹效业, 叶小梁, 樊春良. 国立科研机构的形成、演化及其在国家创新体系中的作用. 科学新闻周刊, 2000, (43): 8-10.

4 余江, 陈凤, 张越, 等. 铸造强国重器：关键核心技术突破的规律探索与体系构建. 中国科学院院刊, 2019, 34(3): 249-253.

5 余江, 方新. 影响产业技术跨越的价值链状态分析. 科学学研究, 2002, (5): 497-499.

6 Debackere K, Veugelers R. The role of academic technology transfer organizations in improving industry science links. Research Policy, 2005, 34(3): 321-342.

7 Diez J R. The importance of public research institutes in innovative networks-empirical results from the metropolitan innovation systems Barcelona, Stockholm and Vienna. European Planning Studies, 2000, 8(4): 451-463.

How National Research Institutes Pilot System for Core Technology Breakthrough: International Experience and Implications

CHEN Feng[1,3] YU Jiang[1,3*] GAN Quan[2] ZHANG Yue[1,3]

（1 Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

2 Bureau of Development Planning, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100864, China;

3 School of Public Policy and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China）

Abstract National/Public Research Institutes as the national strategic scientific and technological force, play an extremely important role in solving major problems concerning the overall situation and long-term development of the country. Recently, China faces various challenges along with its ambition to achieve a significant breakthrough in core and key technologies. To better exert the important role of national research institutes such as Chinese Academy of Sciences, to address these challenges, in this study, the world-renowned European public research institution, the Interuniversity Microelectronics Centre (IMEC), was chosen to further investigate

*Corresponding author

and summarize its successful experience and implications in strategic positioning, top-level design and institutional arrangements in the core technologies breakthrough. This study further elaborates how national research institutes contribute to and promote the efficiency of the breakthrough of core technologies by pushing on the institutional design and organizational mechanism innovation, by distinctly clarifying the strategic positioning as the core platform and the strategic tasks in the key general technologies' breakthrough. Meanwhile, it is also vital for national research institutes to construct modern and scientific management mechanism of relevant intellectual property achievements and promote the development of collaborative innovation based on deep trust.

Keywords national/public research institutes, core technology breakthrough, IMEC, international experience



陈 凤 中国科学院大学、中国科学院科技战略咨询研究院2015级博士研究生。国家公派赴英国伦敦政治经济学院（LSE）访学。主要研究领域为技术创新管理和科技政策分析。E-mail: chenfeng115@mails.ucas.ac.cn

CHEN Feng Ph.D. candidate at University of Chinese Academy of Sciences and the Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences. She visited London School of Economics and Political Science with the support of China Scholarship Council (CSC). Her research focuses on management of technological innovation and science policy. E-mail: chenfeng115@mails.ucas.ac.cn



余 江 中国科学院科技战略咨询研究院研究员，中国科学院大学公共政策与管理学院教授、博士生导师，中国科学院大学网络创新与发展研究中心执行主任，曾经担任剑桥大学英国皇家学会研究员。长期关注全球化背景下的高技术创新政策、数字化与竞争战略等研究，在“中欧高层创新对话”中担任中方专家组核心成员。在国内外核心期刊发表了一系列论文并出版英文专著。主持了国家自然科学基金重点项目、国家软科学计划重大项目等多项国家级重要科研课题。E-mail: yujiang@mail.casipm.ac.cn

YU Jiang Research Professor of Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences (CAS-ISD). He is also the Full Professor at School of Public Policy and Management, University of Chinese Academy of Sciences (UCAS), Director of Research Center of Network Innovation and Development, UCAS. Prof. Yu has worked as the Royal Society International Fellow in Cambridge University. His main research interest covers innovation policy, digitalization and competition strategy. Prof. Yu has chaired important national funding programs such as Key Program of National Natural Science Foundation of China (NSFC) and National Soft-Science Key Projects. E-mail: yujiang@mail.casipm.ac.cn

■责任编辑：岳凌生

参考文献（双语版）

1 习近平. 在中国科学院第十九次院士大会、中国工程院第十四次院士大会上的讲话. 人民日报, 2018-05-29.

Xi J P. Speech at the 19th Academician Conference of the Chinese Academy of Sciences and the 14th Academician Conference of the Chinese Academy of Engineering. People's Daily, 2018-05-29. (in Chinese)

2 张志强, 熊永兰, 安培浚. 科技发达国家国立科研机构过去二十年改革发展观察. 中国科学院院刊, 2015, 30(4): 517-526.

Zhang Z Q, Xiong Y L, An P J. Analysis of the reform and development of national scientific research institutions in developed countries. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2015, 30(4): 517-526. (in Chinese)

3 曹效业, 叶小梁, 樊春良. 国立科研机构的形成、演化及其在国家创新体系中的作用. 科学新闻周刊, 2000, (43): 8-10.

Cao X Y, Ye X L, Fan C L. The formation and evolution of national scientific research institutions and their role in the national innovation system. Science News Weekly, 2000, (43): 8-10. (in Chinese)

4 余江, 陈凤, 张越, 等. 铸造强国重器：关键核心技术突破的规律探索与体系构建. 中国科学院院刊, 2019, 34(3): 339-343.

Yu J, Chen F, Zhang Y, et al. Forging pillars of scientific and technological power: Mechanism exploration and system construction for breakthrough of core and key technologies. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2019, 34(3): 339-343. (in Chinese)

5 余江, 方新. 影响产业技术跨越的价值链状态分析. 科学学研究, 2002, 20(5): 497-499.

Yu J, Fang X. Analysis of value-chain statue affecting industrial technological leapfrogging. Studies in Science of Science, 2002, 20(5): 497-499. (in Chinese)

6 Debackere K, Veugelers R. The role of academic technology transfer organizations in improving industry science links. Research Policy, 2005, 34(3): 321-342.

7 Diez J R. The importance of public research institutes in innovative networks-empirical results from the metropolitan innovation systems Barcelona, Stockholm and Vienna. European Planning Studies, 2000, 8(4): 451-463.